



VIHIVAUNUJÄRJESTELMÄN KAPASITEETTITARKASTELU JA KEHITYS

Jaakko Kotomäki

Opinnäytetyö
Helmikuu 2011
Kone- ja tuotantotekniikka
Modernit tuotantojärjestelmät
Tampereen ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Modernit tuotantojärjestelmät

KOTOMÄKI, JAAKKO: Vihivaunujärjestelmän kapasiteettitarkastelu ja kehitys

Opinnäytetyö 47 s., liitteet 5 s.
Helmikuu 2011

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää pystytäänkö Nokian renkaat Oyj:n Nokian tehtaan alkuvalmistuksen käytössä olevilla vihivaunuilla toimittamaan vaadittava määrä kumilavoja sivupintalinja LT-60:lle suunnitellulla reittilaajennuksella. Työ tehtiin Nokian tehtaan alkuvalmistusosaston vihivaunujärjestelmän laajennusprojektin yhteydessä. Opinnäytetyössä käydään läpi tuotannonohjauksen teoriaa ja kerrotaan vihivaunujärjestelmistä yleisellä tasolla.

Työhön kuului toimituskyvyn laskennan lisäksi vihivaunujen häiriökartoituksen tekeminen ja ehdotus vikahistorian tiedonkeruun muodosta. Häiriökartoituksen perusteella laadittiin vihivaunujärjestelmän kehitysehdotus. Työssä laskettiin vihivaunujärjestelmän teoreettinen toimituskyky kellottamalla vihivaunujen osiin jaetut työvaiheet ja mittaamalla vaunujen kulkemat etäisyydet. Työvaiheiden kestoista ja reittien eri etäisyyksistä laadittiin Excel-taulukot ja reittipiirrokset.

Vikahistorian tiedonkeruu oli tarkoitus kehittää vihivaunujärjestelmän kunnossapidon työkaluksi. Tallennetun vikahistorian avulla on helpompi kartoittaa vihivaunujärjestelmän yleisimmät mekaaniset ja sähköiset viat.

Työn lopputuloksena saatujen tietojen avulla tavoitteena on nostaa käyttöastetta ja parantaa vihivaunujärjestelmän käyttövarmuutta osana kannattavampaa tuotantoa.

Asiasanat: opinnäytetyö, vihivaunu, toimituskyky, kapasiteetti, AGV, kanban, käyttöaste, Pareto, kartoitus

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Mechanical engineering training program
Modern production systems

KOTOMÄKI, JAAKKO: Examination of capacity and development of AGV system

Thesis 47 pages, annex 5 pages.
February 2011

This engineering thesis presents analysis from an AGV (Automatic Guided Vehicle) systems ability to deliver demanded quantity of rubber pallets to a lateral surface machine LT-60 located in Nokian Tyres plc. There is a newly designed lay-out that increases the usage of these three AGV's. The purpose of this thesis is to examine, if the new lay-out can be taken into usage without purchasing new AGV. Main parts of AGV systems and relevant production control theory will be looked through in this thesis.

In addition to calculations of ability to deliver demanded amount of rubber pallets this thesis also concerns compiling different types of malfunctions in AGV system and proposition of a profile for data collection of malfunctions. Proposition for developing AGV system will be prepared on the grounds of malfunction data collection.

Theoretical ability to deliver rubber pallets is calculated after measuring distances and durations of different types of working phases. These results are presented in Excel-worksheets and lay-out drawings.

Data collection of malfunctions is developed for a tool for maintaining AGV system. With collected information about malfunctions it is easier to notice and reduce factors that cause problems in AGV system.

Objective of this thesis is to improve utilization ratio and operational reliability of the AGV system.

Keywords: thesis, automatic guided vehicle, capacity, AGV, kanban, utilization degree, Pareto, descriptive study

ESIPUHE

Tämän opinnäytetyön tekeminen opetti paljon automaation merkityksestä tämän päivän tuotannolle. Työn eri vaiheiden aikatauluista sovittiin työn ohjaajan Mika Vapalon kanssa, mutta käytännön työn sain tehdä itsenäisesti. Opinnäytetyötä tehdessä sain arvokasta kokemusta projektin loppuun viemisestä. Laskelmia, häiriökartoituksia ja kehitysehdotusta laatiessa suurin haaste oli osata ottaa huomioon kaikki lopputulokseen vaikuttavat käytännön tekijät.

Haluan kiittää Nokian renkaiden kunnossapidon osasto 520:n henkilökuntaa ohjauksesta ja avustamisesta tässä projektissa. Erityisesti haluan kiittää alkuvalmistuksen laatu- ja menetelmäteknikko Mika Vapaloa ja osastoinsinööri Kari Tirrosta, jotka antoivat mahdollisuuden tähän työhön.

Tampereella helmikuussa 2011

Jaakko Kotomäki

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	2
ABSTRACT.....	3
ESIPUHE	4
1 JOHDANTO	7
2 NOKIAN RENKAAT OYJ.....	8
2.1 Historia lyhyesti	9
2.2 Tuotteet	9
3 RENKAAN VALMISTUSPROSESSI.....	10
3.1 Kumiseoksen valmistus.....	10
3.2 Komponenttien valmistus.....	11
3.3 Kokoonpano	12
3.4. Renkaan paisto eli vulkanointi	12
3.5 Tarkastus	12
4 PERUSTIETOA VIHIVAUNUISTA	13
4.1 Tekniikka.....	13
4.1.1 Vihivaunujen navigointi.....	14
4.2 Vihivaunujärjestelmien hyödyt ja haitat	14
4.3 Turvallisuus.....	15
4.4 Erilaiset sovellukset	16
4.5 Vihivaunujärjestelmien valmistajia.....	17
5 KANBAN-TUOTANNONOHJAUS	18
6 PARETO-ANALYYSI	19
7 VIHIVAUNUJÄRJESTELMÄN LAAJENNUS.....	20
7.1 Vihivaunujen uusi reitti.....	20
7.2 Vihivaunujen toimintojen ja työvaiheiden kellotukset	21
7.3 Vihivaunujen kulkeman matkan pituuden mittaus.....	22
7.4 Materiaalin toimituskyvyn laskenta	23

7.5 Vihivaunujen käyttösuhteen laskeminen.....	26
7.6 LT-60 sivupintalinjan materiaalarve.....	27
7.7 Vihivaunujen toimituskyvyn laskennan tulokset	28
7.8 Toimituskykyä heikentävät epävarmuustekijät.....	29
8 VIKAHISTORIAN TIEDONKERUU JA HÄIRIÖKARTOITUS	30
8.1 Vikahistorian tiedonkeruu.....	30
8.2 Häiriökartoitus.....	31
8.3 Pareto-analyysi	33
9 VIHIVAUNUJÄRJESTELMÄN KEHITYSEHDOTUS	35
9.1 Kehitysehdotuksen perusteet.....	35
9.2 Turvalaserskannerin hyödyt	36
10 VIHIVAUNUJEN TEOREETTINEN SUORITUSKYKY LAITEPÄIVITYKSEN JÄLKEEN	38
10.1 Huomioitavaa	40
11 YHTEENVETO	41
LÄHTEET	42
Liite 1.	43
Liite 2	44

1 JOHDANTO

Nykypäivän tuotannollisessa työssä koneet ja robotit korvaavat kasvavalla vauhdilla ihmisen työpanoksen yksinkertaisissa ja helppoissa työvaiheissa. Ihmisen rooli on näissä tapauksissa muuttunut työn fyysisestä suorittajasta työn valvojaksi. Nokian renkaat pyrkii muiden yritysten tavoin nostamaan tuotantokoneistonsa automaatioastetta.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää pystytäänkö alkuvalmistuksen käytössä olevilla kolmella vihivaunulla toimittamaan tarvittava määrä kumilavoja sivupintalinja LT-60:lle suunnitellulla uudella reittilaajennuksella vai tarvitseeko sekoitusosaston investoida yhteen lisävaunuun uuden reittilaajennuksen takia. Laskelmia varten vihivaunujen osiin jaetut työvaiheet kelloitetaan ja vaunujen kulkemat etäisyydet mitataan sekä uudella, että käytössä olevalla reitillä. Etäisyyksien ja työvaiheiden kestojen mittauksien jälkeen lasketaan vaunujen suora-, peruutus- ja kaarrenopeudet. Työvaiheiden kestoista ja reittien eri etäisyyksistä laaditaan Excel-taulukot ja reittipiirustukset.

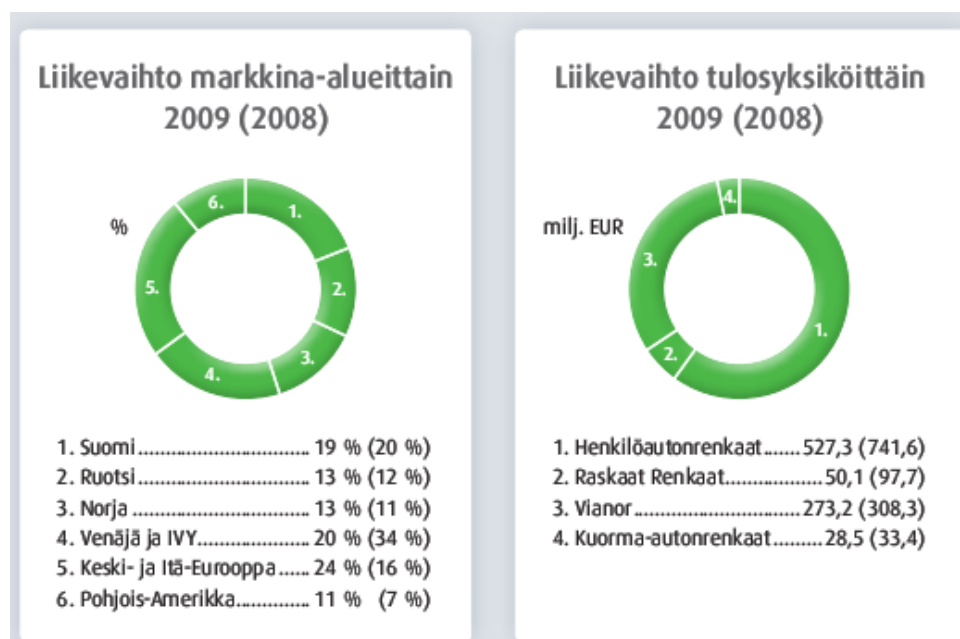
Työhön kuuluu toimituskyvyn laskennan lisäksi vihivaunujen häiriöiden kartoitus käyttäen Pareto -analyysiä. Tiedot häiriöistä kerätään Nokian renkaiden kunnossapidon Arttu-toiminnanohjausjärjestelmään tallennettujen vikaraporttien tiedoista ja haastatteleamalla tehtaan kunnossapidon henkilökuntaa. Häiriökartoituksen lisäksi laaditaan yksinkertainen työkalu vikahistorian tiedonkeruuta varten. Kerätyn tiedon ja tehtyjen laskelmien pohjalta laaditaan vihivaunujärjestelmän kehitysehdotus ja lasketaan vihivaunujärjestelmän teoreettinen toimituskyky mahdollisen kehitysehdotusten käyttöönoton jälkeen.

Vikahistorian tiedonkeruuohjelman on tarkoitus helpottaa vihivaunujärjestelmän kunnossapidon vikaseurantaa ja kehitystä. Tallennetun vikahistorian avulla on helpompi saada selville vihivaunujärjestelmän yleisimmät mekaaniset - sekä sähköiset viat ja minimoida niihin johtaneet tekijät.

2 NOKIAN RENKAAT OYJ

Nokian renkaat Oy on suomalainen rengasvalmistaja, joka on perustettu vuonna 1988. Yhtiö keskittyy tuotteidensa suunnittelussa erityisesti pohjoisiin keliolosuhteisiin ja niiden asettamiin vaatimuksiin. Raskaisiin työkoneisiin renkaita valmistava Nokian raskaat renkaat on Nokian renkaiden tytäryhtiö. Renkaiden jakelua varten on perustettu oma tytäryhtiö Vianor Oy.

Nokian renkaat työllisti vuoden 2009 lopussa yhteensä 3300 henkilöä. Liikevaihto oli 798,5 miljoonaa euroa. Henkilöauton renkaita valmistavan yksikön liikevaihdosta noin 70 % koostuu talvirenkaiden kaupasta.



Kuvio 1. Liikevaihto markkina-alueittain ja tulosityksiköittäin (Nokian renkaiden vuosikertomus, www.nokianrenkaat.fi)

Yhtiöllä on tuotantolaitokset Suomessa Nokialla ja Venäjällä Vsevolozhskissa. Renkaiden jakeluketju Vianorilla on 623 myyntipistettä 19 eri maassa. Yhtiön päämarkkina-alueet ovat Pohjoismaat, Pohjois-Amerikka, Keski- ja Itä-Euroopan maat ja Venäjä. Tärkeimmissä myyntimaissa konsernilla on oma myyntiedustaja tai -yhtiö. Omien tuotantolaitosten lisäksi sopimusvalmistusta oli noin 10 % tuotantovolyymista vuonna 2009. (Nokian renkaiden vuosikertomus 2009, www.nokianrenkaat.fi)

2.1 Historia lyhyesti

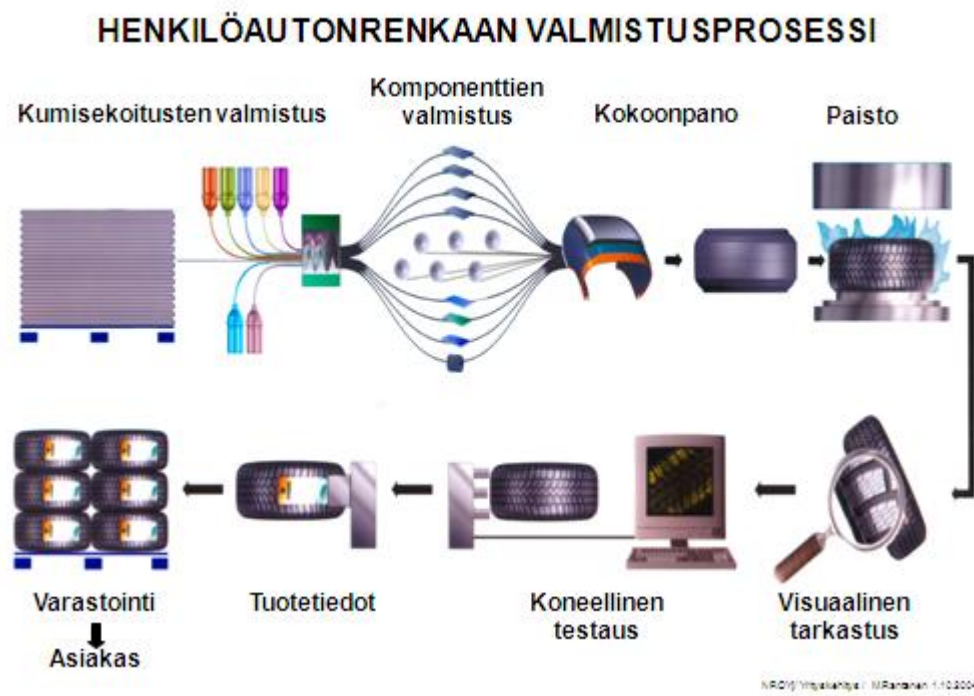
Yhtiö listautui Helsingin Arvopaperipörssiin vuonna 1995. Yhtiön historia ulottuu vuoteen 1898, jolloin perustettiin Suomen Gummitehdas Oy. Nokian tehdas perustettiin vuonna 1904. Henkilöautojen renkaiden valmistuksen yhtiö aloitti vuonna 1932. Vuonna 1934 ilmestyi maailman ensimmäinen talvirengas. Vuonna 1936 julkaistiin Nokian renkaiden tunnetuin tuotemerkki Hakkapeliitta-rengas, joka on myös nykypäivänä tuotannossa uudistuneina malliversioina. Vuosien 1996 ja 2001 Nokian tehtaalla tehtiin mittavia laajennuksia. Logistiikkakeskus rakennettiin Porin tien varteen vuonna 2002. Nokian renkaiden toinen tuotantolaitos käynnistyi Vsevolozhskissa Venäjällä vuonna 2005. (Nokian renkaiden vuosikertomus 2009, www.nokianrenkaat.fi)

2.2 Tuotteet

Nokian renkaat valmistaa renkaita henkilö-, paketti-, ja kuorma-autoihin sekä raskaisiin työkoneisiin kuten traktoreihin, metsäkoneisiin ja sotilasajoneuvoihin. Yhtiö panostaa voimakkaasti tuotekehitykseen ja tuo panos on näkynyt hyvinä sijoituksina rengastesteissä. (Nokian renkaiden vuosikertomus 2009, www.nokianrenkaat.fi)

3 RENKAAN VALMISTUSPROSESSI

Tässä luvussa käsitellään renkaan valmistusprosessia ja siihen kuuluvia eri toimintoja, koska lukijan on hyvä ymmärtää valmistusprosessi, jonka osana sekoitusosaston vihivaunujärjestelmä toimii. Renkaan valmistusprosessissa on viisi vaihetta; kumisekoituksen valmistus, komponenttien valmistus, kokoonpano, paisto, visuaalinen tarkastus ja testaus. (www.nokianrenkaat.fi, Nokian renkaat intranet, Valmistusprosessi_07 TV.ppt)



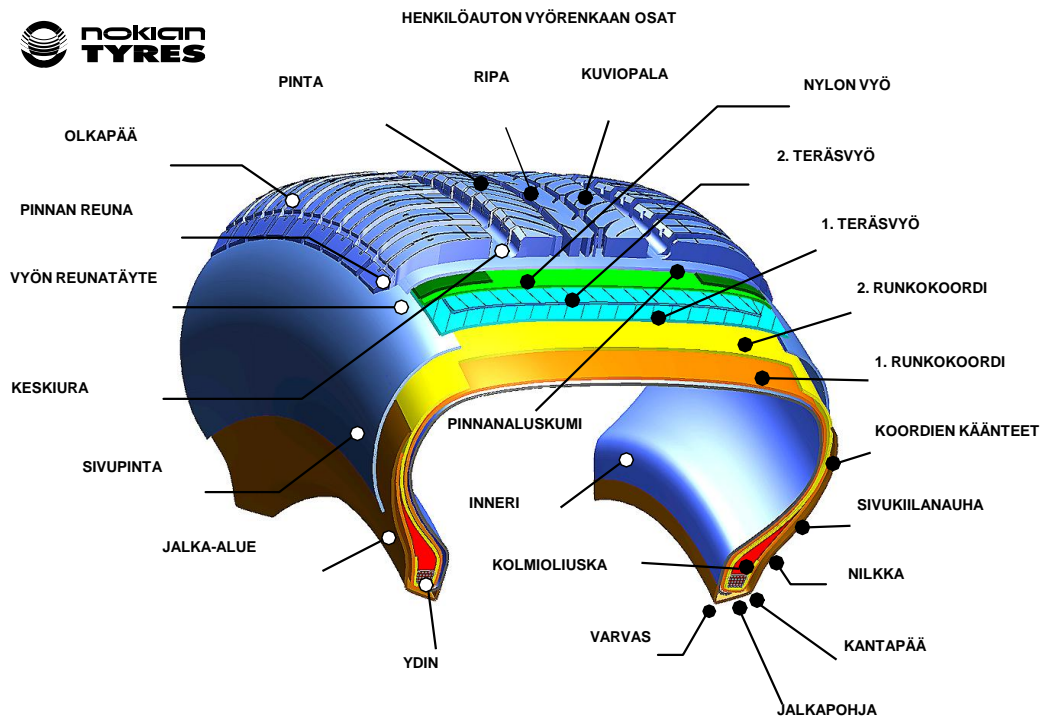
Kuvio 2. Henkilöautorenkaan valmistusprosessi. (Nokian renkaat intranet, 0801FI Ha valmistusprosessikaavio.ppt)

3.1 Kumiseoksen valmistus

Renkaiden valmistusketjun ensimmäinen vaihe on kumiseoksen valmistus eli sekoitus. Seoksen pääraaka-aineet ovat synteettinen kumi, luonnon kumi, noki ja öljy. Kumiseosten osuus renkaan kokonaispainosta on noin 80 %. Jäljelle jäävä osuus koostuu erilaisista vahvikemateriaaleista. Noin puolet käytetystä kumiseoksesta on luonnon kumia. Renkaan kumiseokseen lisätään myös erilaisia kemikaaleja ja vulkanointi- eli kovettumisaineita. Sekoitusvaiheessa kumiseos sekoitetaan ja kuumennetaan noin 120 asteen lämpötilaan. Kumiseos määritellään aina rengasmallin ja sen käyttötarkoituksen mukaan. (www.nokianrenkaat.fi, Nokian renkaat intranet, Valmistusprosessi_07 TV.ppt)

3.2 Komponenttien valmistus

Renkaan komponentteja ovat runkokoordi, JLB-nauha, kulutuspinna, sivupinta, sisäkerroskumi eli inneri, Apex-kaapeli ja teräsvyö. Alkuvalmistuksesta saatavat kumisekoitukset käytetään kaapelin, tekstiilin ja teräsvöiden kumittamiseen. Rengas valmistetaan noin 10 - 30 eri komponentista, joista valtaosa on erilaisia vahvikeosia. (www.nokianrenkaat.fi, Nokian renkaat intranet, Valmistusprosessi_07 TV.ppt)



Kuvio 3. Henkilöauton vyörenkaan osat. (Nokian renkaat intranet, 0802FIENRU Ha renkaan rakennekuva.ppt.)

3.3 Kokoonpano

Renkaan komponentit kootaan rengasaihioksi kokoonpanokoneilla. Komponentit vedetään kokoonpanokoneen vyörummalle ja renkaan runko asetetaan venytyskoneen laipioille. Tämän jälkeen koneen siirtorengas siirtää pinnan ja vyön muodostaman paketin rungon päälle. Seuraavaksi runkoon johdetaan paine, joka venyttää rungon kiinni pakettiin. Aihio on valmis.

Kokoonpanokoneella työskentelee yksi koneenkäyttäjä, joka voi kahdeksan tunnin työvuoron aikana saada valmiiksi noin 500 rengasta. (www.nokianrenkaat.fi, Nokian renkaat intranet, Valmistusprosessi_07 TV.ppt)

3.4. Renkaan paisto eli vulkanointi

Rengasaihio siirtyy kokoonpanokoneelta kattokuljetinjärjestelmää pitkin paistopuristimille. Paistopuristimilla rengasaihion vulkanoidaan eli paistetaan. Paistopuristimen sisässä sijaitsevaan paistotyynyyn johdetaan korkea 15 barin höyrypaine, jolloin paistotyyny painaa rengasaihiota muottia vasten. Paistolämpö on noin 200 celsiusastetta ja paistoaika noin 12 minuuttia riippuen rengasaihion koosta. Muotti antaa renkaalle lopullisen ulkomuodon pintakuvioineen ja sivupintateksteineen. (www.nokianrenkaat.fi, Nokian renkaat intranet, Valmistusprosessi_07 TV.ppt)

3.5 Tarkastus

Kaikki renkaat tarkastetaan visuaalisesti ja koneellisesti. Visuaalisessa tarkastuksessa tarkastetaan renkaan ulko- ja sisäpinta, sekä vannealue. Koneellinen tarkastus mittaa testirummulla renkaan symmetrisyyden, säteisheiton ja sivuttaisvoimavaihtelun.

Renkaiden läpäistystä testauksen niihin liitetään tuotetiedot sisältävät etiketit ja ne pinotaan kuormalavoille roboteilla. (www.nokianrenkaat.fi, Nokian renkaat intranet, Valmistusprosessi_07 TV.ppt)

4 PERUSTIETOA VIHIVAUNUISTA

Vihivaunu eli AGV (Automated guided vehicle) on tietokoneohjauksella toimiva trukki, joka suorittaa toistuvia, ennalta määrättyjä ja yksinkertaisia tehtäviä teollisuudessa, paperipainossa ja varastotiloissa. Tehtävät ovat yksinkertaisia tavaroiden, pakettien, paperirullien ja lavojen siirtotehtäviä. Vihivaunuilla voidaan vapauttaa ihmisen työpanos yksikertaisista työtehtävistä vaativampiin tehtäviin. (www.rocla.com)

4.1 Tekniikka

Tyypillinen vihivaunu saa käyttövoimansa ajovoima-akusta. Akut voidaan ladata automaattisesti tai ne voidaan vaihtaa ladattuihin, riippuen vihivaunujärjestelmän käyttösovelluksesta. Nokian renkailla käytössä olevat vihivaunut palaavat lähtöpaikkaan latausta varten.

Vihivaunujärjestelmää ohjataan niiden omalla ohjausjärjestelmällä, joka voidaan kytkeä toimintaympäristön muihin IT-sovelluksiin. Ohjausjärjestelmät voidaan ”opettaa” toimimaan yhteistyössä muiden tuotantolinjojen automaatiosovellusten kanssa esimerkkinä kulkuovien avaaminen ja sulkeminen, kuljetinlinjojen nopeuden säätö ja käsivarsirobottien käyttö kuormaamisessa.

Useimmiten vihivaunujärjestelmä käsittää useamman kuin yhden vaunun. Kaikkien vihivaunujen toimintoja ohjataan keskusyksikön kautta. Ohjausjärjestelmä antaa vihivaunuille kuljetuskäskyt ja ohjaa yksittäisten vaunujen liikkeitä toimintaympäristössä. Kaikki toiminnot ovat ennalta ohjelmoituja. (www.rocla.com)

4.1.1 Vihivaunujen navigointi

Vihivaunujen paikannus on tärkeä osa vihivaunujärjestelmän toiminnassa. Toimintaympäristöstä riippuen navigointitavaksi voidaan valita lasernavigointi, magneettimerkit, lattiavaijeri tai näiden yhdistelmä.

Lasernavigointi on tänä päivänä yleisin navigointitapa Roclan uudemmissa vihivaunujärjestelmissä. Etuja ovat reittien helppo muunneltavuus, nopeampi käyttöönotto ja luotettavuus. Järjestelmään, jossa navigointi perustuu laseriin, on helppo lisätä vaunuja tarpeen mukaan.

Magneettimerkit ovat uusin navigointitapa. Lasernavigoinnin ohella lattiaan kiinnitettävien magneettimerkkien etuja ovat helppo ja nopea käyttöönotto ja vaivaton päivitettävyys.

Lattiavaijeri on yleisin navigointitapa. Teknologia on kuitenkin jäämässä pois laser- ja magneettinavigoinnin yleistyessä. Vanhemmissa järjestelmissä lattiavaijeri on kaikkein yleisin.

Navigointitapojen yhdistelmällä saadaan kunkin järjestelmän edut ilman kummankin navigointitavan rajoituksia. Joissain sovelluksissa yhdistelmän käyttäminen on järjestelmän toiminnan kannalta välttämätöntä. (www.rocla.com)

4.2 Vihivaunujärjestelmien hyödyt ja haitat

Kustannusten lasku. Yksinkertaisten kuljetustehtävien toteuttaminen vihivaunujärjestelmällä pienentää työvoimakustannuksia. Ihmiset voidaan irrottaa vaativampiin tehtäviin vihivaunujen hoitaessa tehtaan tai varaston sisäisen logistiikan yksinkertaiset nouto- tai hyllytystehtävät.

Vihivaunuja ohjataan tietokoneella eli jokainen noutokäske tallentuu, jolloin materiaalin liikkeet voidaan tarvittaessa jäljittää.

Vaunuilla voidaan käsitellä monenlaisia tuotteita; paletteja, paperirullia, laatikoita ja auton runkoja. Vihivaunujärjestelmä on helppo liittää tuotannon muihin laitteisiin. (www.swisslog.com, www.rocla.com)

Automaatioasteen noustessa tarvitaan yhä hienompaa tietotekniikkaa järjestelmän ohjaamista ja hallintaa varten. Tämä nostaa järjestelmien hintaa ja lisää niiden vikaherkkyyttä. Vihivaunujärjestelmien korkea hankintahinta on useimmiten esteenä niiden hankinnalle.

4.3 Turvallisuus

Vihivaunuissa käytetään esteen havaitsemiseksi laser-tekniikka ja sähkömekaanisia apuvälineitä. Turvalaserskannerit havaitsevat esteen vaunun edessä, jolloin vaunu hidastaa vauhtiaan tai pysähtyy.



Kuvio 4. Sickin turvalaserskanneri (www.sick.com)

Nokian renkailla käytössä olevissa vihivaunuissa on tällä hetkellä käytössä turvapuskurit, joiden osuessa esteeseen vihivaunun hätäjarrut lukittuvat. Turvapuskureiden lisäksi vaunuissa on varoitus-/vilkkuvalot ja henkilötutkat. Henkilötutkat ovat laaja-alaisia IR-valokennoja, jotka tunnistavat esteet vihivaunujen edessä. Esteen ollessa noin 1,5 metrin etäisyydellä vihivaunun ajonopeus hidastuu. Lopullinen pysähtyminen tapahtuu turvapuskureiden kosketuksesta. Esteen poistuessa ennen kosketusta turvapuskuriin palautuu ajonopeus ennalleen. (Nokian renkaat, Rocla Robotruck huolto- ja turvallisuusohjeet)

4.4 Erilaiset sovellukset

Useimmat vihivaunujärjestelmät toimivat sisätiloissa, mutta ulkotiloihinkin tehtyjä sovelluksia on olemassa esimerkiksi satamissa ja kuljetussovelluksissa samalla tontilla sijaitsevien eri tehdasrakennusten välillä. Tyypillisimmät vihivaunusovellukset käsittelevät kuormalavoja, laatikoita, paletteja, paperirullia tai ovat osa kokoonpanolinjaa tuotteen siirtämisessä linjalla eteenpäin. Yhteinen piirre erilaisilla vihivaunujärjestelmillä on niiden ympärillä olevien tuotantosovellusten korkea automaatioaste. (www.rocla.com)



Kuvio 5. Swisslogin Transcar vihivaunu.
(www.swisslog.com, [hcs-agv-transcar-overview.pdf](#))

Kuviossa 5. on nähtävissä tavarán siirtoon tarkoitettu Swisslogin valmistama Transcar vihivaunu. Vaunuja käytetään esimerkiksi sairaaloissa tavarán siirtoon eri osastojen välillä.



Kuvio 6. www.agvsystems.com/pdfs/SavantLoader.pdf

Kuviossa 6. on Savant automationin valmistama vihivaunu, jota käytetään rekkojen purkamiseen ja lastaukseen.

4.5 Vihivaunujärjestelmien valmistajia

Yritysten voimakas panostus omien tuotantolaitosten automaatioasteen nostamiseen on luonut useille yrityksille markkinoita tuottaa palveluita ja tuotteita. Vihivaunut ovat yksi osa-alue robotiikkateollisuudessa. Edellä mainittujen Roclan, Swisslogin ja Savant automationin lisäksi muita vihivaunujen valmistajia ovat Jervis B. Webb Co., Amerden Inc., Demag ja Murata Machinery. (www.globalspec.com)

5 KANBAN-TUOTANNONOHJAUS

Nokian renkaiden alkuvalmistuksen sekoituskoneiden materiaalinohjauksessa käytetään Kanban-imuohjauksen periaatetta. Kanban kuuluu osana Toyotan kehittämään Lean tuotannonhallintamenetelmään. Kanban on japaninkielinen sana, jonka suomenkielinen käännös tarkoittaa ”visuaalista korttia”.

Kanban-imuohjauksessa yksinkertaisilla korteilla indikoidaan tuotantoprosessissa tarvittavat komponentit ja niiden lukumäärät. Imuohjauksessa seuraava tuotantoprosessi ”imee” edelliseltä tuotantovaiheelta osakokonaisuuksia tai vaadittavaa materiaalia perustuen niiden kulutukseen, ei ennusteisiin. Tarvittavat komponentit ja materiaalit siis valmistetaan tai tilataan tuotannon kulutustarvetta vastaan.

(www.leanqad.com/education/what_kanban.html)

Nokian renkailla järjestelmä on nykyään sähköisessä muodossa. Alla lyhyt kuvaus toimintamallista:

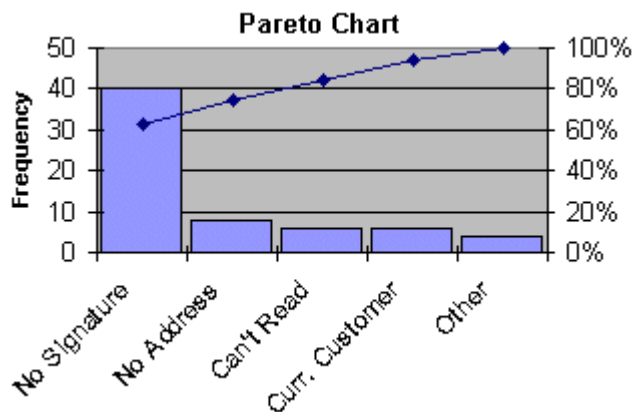
Alakerran kärräri lukee viivakoodinlukijalla sekoituslaadun, joka on hälytysrajan alapuolella. Tämä kirjautuu kemikaalipunnitukseen ja perussekoituskoneille suoraan mix32:n "global listaan". Global listasta koneenkäyttäjä poimivat ajot tuotantolistalle. Kemikaalien ja perussekoituksen ollessa valmiit otetaan tuote ajoon rikityskoneilla. (Nokian renkaat, haastattelu, Mika Vapalo)

6 PARETO-ANALYYSI

Opinnäytetyön yhtenä osa-alueena oli vihivaunujärjestelmän häiriökartoitus, jossa menetelmänä käytettiin Pareto-analyysia.

Pareto-analyysi kuuluu käsitteenä prosessianalyysin piiriin. Pareto-analyysia voidaan käyttää ongelmatilanteissa, joissa prosessissa on huomattu useampia ongelmia, joihin halutaan puuttua. Analyysin avulla ongelmat kartoitetaan ja selvitetään mitkä yksittäiset tekijä aiheuttavat suurimman määrän ongelmia. Konseptiin kuuluu 80 - 20 sääntö, jonka mukaan 20 prosenttia yksittäisistä tekijöistä aiheuttaa 80 prosenttia prosessin ongelmista. Keskittymällä tuohon 20 prosenttiin voidaan poistaa 80 prosenttia prosessin ongelmista.

Tämä 20 prosentin joukko prosessin ongelmia voidaan tunnistaa Pareto-analyysin avulla luomalla yksittäisistä ongelmista taulukko, josta johdetaan Pareto-kaavio. Pareto-kaaviosta nähdään ongelmien lukumäärä, yksittäisten ongelmien tapahtumakerrat ja niiden prosentuaalinen osuus ongelmien kokonaismäärästä. (Lee Krajewski, Larry Ritzman, Manoj Malhotra, Operations Management 8. painos s. 161 - 165)



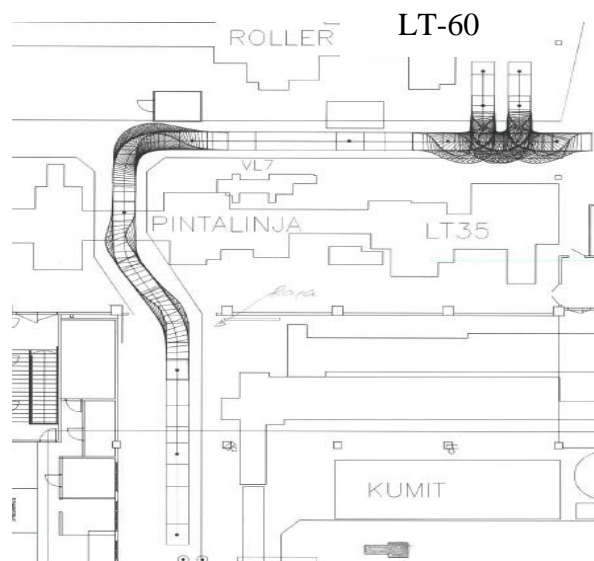
Kuvio 7. Esimerkki Pareto-kaaviosta (www.isixsigma.com)

7 VIHIVAUNUJÄRJESTELMÄN LAAJENNUS

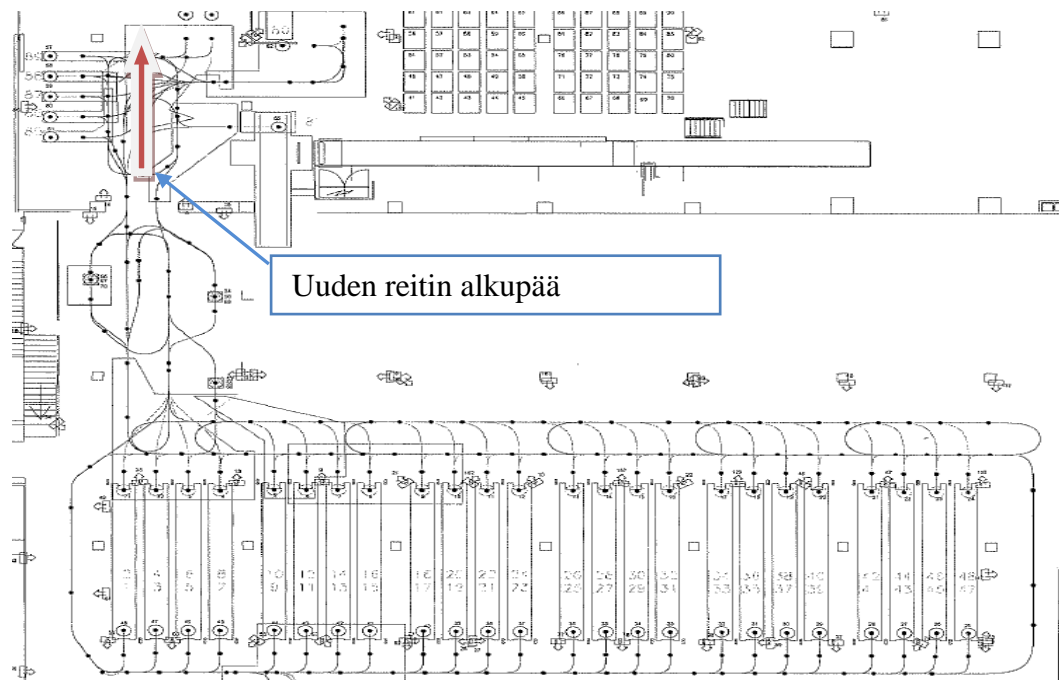
Tästä luvusta alkaa opinnäytetyössä tehdyn käytännön selvitystyön eri vaiheiden raportointi.

7.1 Vihivaunujen uusi reitti

Vihivaunujärjestelmän laajennusprojektin uudella reitillä on tarkoitus helpottaa kumilavojen tuontia LT-60:lle ja nostaa käytössä olevan vihivaunujärjestelmän käyttöastetta. Tällä hetkellä kumilavat tuodaan LT60:lle koneenkäyttäjien toimesta. Alla on layout – piirrokset suunnitellusta uudesta reitistä (kuvio 8.) ja käytössä olevasta reitistä (kuvio 9.). Uusi reitti on suora jatkumo vanhalle reitille.



Kuvio 8. Vihivaunujen suunniteltu reittilajennus (Nokian renkaat, Mika Vapalon projektikansio).



Kuvio 9. Vihivaunujärjestelmän tällä hetkellä käytössä oleva reitti (Nokian renkaat, Arttu-toiminnan-ohjausjärjestelmä).

7.2 Vihivaunujen toimintojen ja työvaiheiden kellotukset

Vihivaunujen nopeuksista ja eri toimintojen ajallisesta kestosta oli projektin alussa olemassa vähän tietoa. Kaikki mittaukset tehtiin vihivaunujärjestelmän toimituskyvyn laskemisen mahdollistamiseksi. Vihivaunujen yksinkertaisiin työvaiheisiin jaetut toiminnot kellotettiin sekuntikellolla.

Kellotuksien ja mitattujen matkojen perusteella laskettiin vihivaunujen nopeudet. Tarvittavat tiedot olivat suora-, kaarre- ja peruutusnopeudet. Lisäksi selvitettiin oliko vaunujen suora- ja kaarrenopeuksissa eroja kuormattuna ja tyhjänä ajettaessa. Materiaalin hyllystä otto ja hyllytys kellotettiin myös. Hyllytyksen keston kellotuksen syynä on LT-60:lle tulevat kumilavahyllyt, jotka toimivat puskurivarastona LT-60:sen materiaalarpeelle. Hyllystä oton ja hyllytyksen ajanotto on aloitettu vaunun peruutusliikkeestä kohti hyllyä ja lopetettu vaunun laskettua haarukan piikit kuljetuskorkeudelle. Piikkien lasku tapahtui osittain liikkeessä vaunun palatessa samalla kulkureitille.

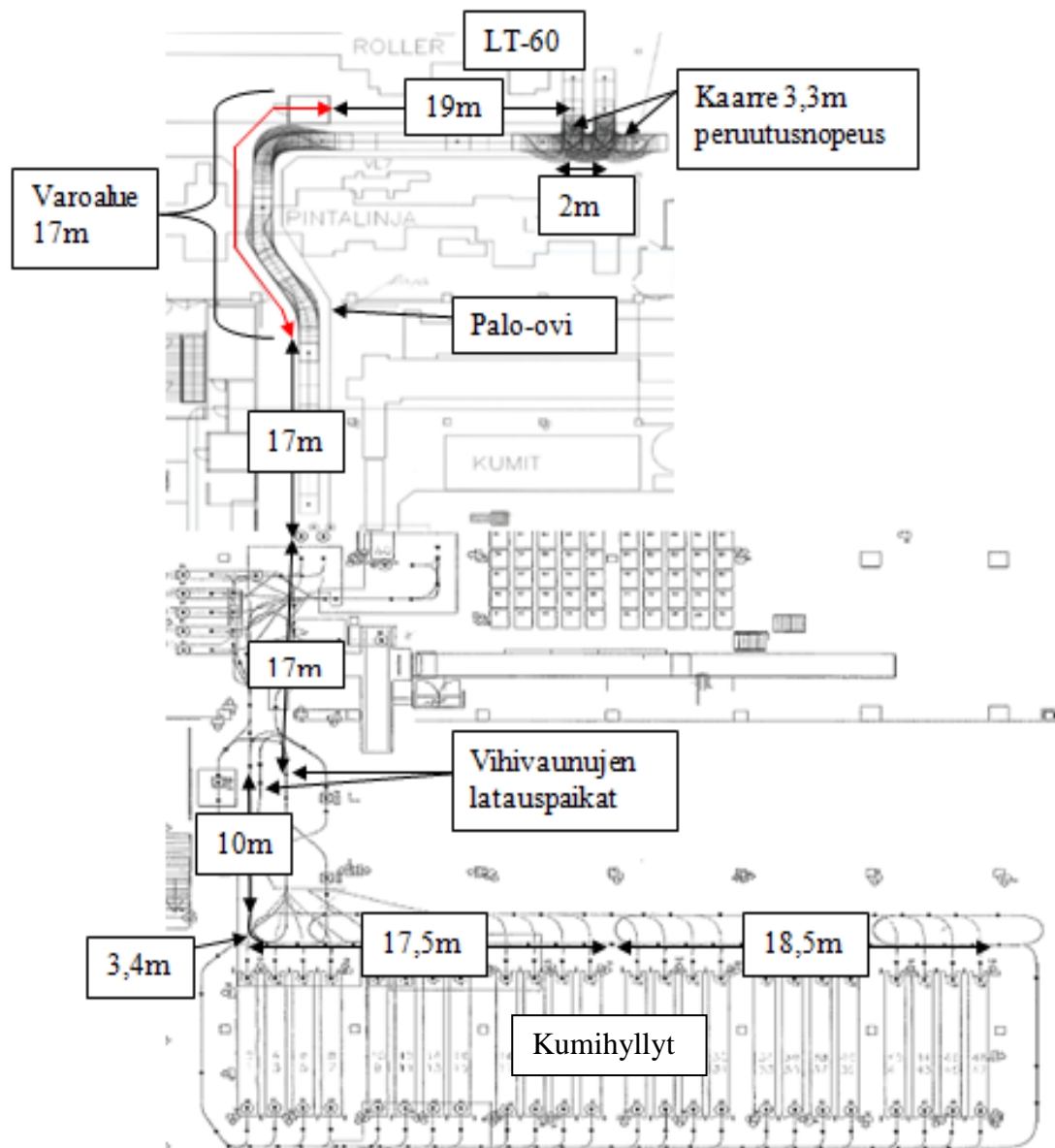
Tulokset näkyvät taulukosta 1.

Mitattava toiminto	Kestot (s)		Matka (m)	Nopeus m/s	Muuta
	Kuormalla	Tyhjänä			
Kaarreaajo	7	7	3,4	0,49	Kaarrenopeus tyhjänä/kuorman kanssa sama.
Peruutus	30		3,2	0,11	Kuorman kanssa
Suoranopeus		23	23	1	Suoranopeus tyhjänä/kuorman kanssa sama.
Lavan otto hyllystä. Hyllyn alataso.		45			Ajanotto aloitettu peruutusliikkeestä, lopetettu 1:sen kaarteeseen loppuun.
Lavan otto hyllystä. Hyllyn ylätaso.		60			
Lavan hyllytys. Hyllyn alataso.	65				
Lavan hyllytys. Hyllyn ylätaso.	80				

Taulukko 1. Vihivaunujen työvaiheiden kellotukset

7.3 Vihivaunujen kulkeman matkan pituuden mittaus

Nopeuksien selvittämisen jälkeen oli mitattava vihivaunujen uudella reitillä kulkeman matkan pituus. Tehtaan toiminnanohjausjärjestelmän tietokannassa olleissa layout piirustuksissa ei mainittu etäisyyksiä, joten etäisyydet oli mitattava. Etäisyyksien mittaamisen jälkeen voitiin aiemmin selvitettyjen nopeustietojen avulla laskea toimituksen kestot. Mittausvälineenä käytettiin 30m mittanauhaa. Kuviossa 10. on punaisella merkittynä pintalinja LT-35:n liukuovien varoalue, jossa runsaan trukki-jalankulku- ja polkupyöräliikenteen takia vihivaunujen nopeus pudotetaan turvallisuussyistä 0,5 m/s. Normaali suoranopeus on 1,0 m/s.



Kuvio 10. Vihivaunujen kulkemat matkat uudella reitillä. (Nokian renkaat, Arttu-toiminnan-ohjausjärjestelmä, Mika Vapalon projektikansio)

7.4 Materiaalin toimituskyvyn laskenta

Mittauksissa ja laskelmissa oletuksena on, että vaunu lähtee latauspaikasta hakemaan materiaalia hyllystä ja palaa takaisin latauspaikkaan toimitettuaan materiaalin sivupintalinja LT-60:lle. Toimituksen kestot laskettiin vaunun hakiessa materiaalia hyllyn alkupäästä, keskikohdasta ja loppupäästä. Taulukoissa 2-5 on esitetty mitatut etäisyydet, nopeudet ja laskennalliset kestot sekunneissa kyseisille etäisyyksille. Yhdessä sarakkeessa on ilmoitettu vaunun kulkema matka, nopeus ja kyseisen reitin

osan kesto. Huomattava on vaunun ajonopeuden hidastuminen kaarteissa ja palo-oven alueella. Taulukot on eritelty työvaiheittain.

Lavan hakupaikka					
Alkupää	Hyllystä haku				
Vaihe	Lähtö	Suora	Kaarre	Hyllystä otto	
Matka ja nopeus	3,0m (0,5m/s)	7,0m (1m/s)	3,4m (0,5m/s)	ala/ylä	
Aika (s)	6	7	7	45/60	
Keskimatka	Hyllystä haku				
Vaihe	Lähtö	Suora	Kaarre	Suora	Hyllystä otto
Matka ja nopeus	3,0m (0,5m/s)	7,0m (1m/s)	3,4m (0,5m/s)	17,5m (1m/s)	ala/ylä
Aika (s)	6	7	7	17,5	45/60
Loppupää	Hyllystä haku				
Vaihe	Lähtö	Suora	Kaarre	Suora	Hyllystä otto
matka ja nopeus	3,0m (0,5m/s)	7,0m (1m/s)	3,4m (0,5m/s)	36m (1m/s)	ala/ylä
aika (s)	6	7	7	36	45/60

Taulukko 2. Materiaalin haku hyllystä.

Lavan hakupaikka							
Alkupää	Toimitus koneelle						
Vaihe	Kaarre	Kaarre	Suora	Varoalue	Suora	Peruutus	Lavan hyllytys
Matka ja nopeus	3,4m (0,5m/s)	3,4m (0,5m/s)	43,0m (1m/s)	17,0m (0,5m/s)	21,0m (1m/s)	3,3m (0,11m/s)	
Aika (s)	7	7	43	34	21	30	80
Keskimatka	Toimitus koneelle						
Vaihe	Suora	Kaarre	Suora	Varoalue	Suora	Peruutus	Lavan hyllytys
Matka ja nopeus	17,5m (1m/s)	3,4m (0,5m/s)	43,0m (1m/s)	17,0m (0,5m/s)	21,0m (1m/s)	3,3m (0,11m/s)	
Aika (s)	17,5	7	43	34	21	30	80
Loppupää	Toimitus koneelle						
Vaihe	Suora	Kaarre	Suora	Varoalue	Suora	Peruutus	Lavan hyllytys
Matka ja nopeus	36m (1m/s)	3,4m (0,5m/s)	43,0m (1m/s)	17,0m (0,5m/s)	21,0m (1m/s)	3,3m (0,11m/s)	
Aika (s)	36	7	43	34	21	30	80

Taulukko 3. Materiaalin toimitus sivupintalinja LT-60:n hyllypaikkaan

Paluu latauspaikkaan				
Vaihe	Lähtö koneelta	Suora	Välikön varoalue	Suora
Matka ja nopeus	3,3m (0,5m/s)	21,0m (1m/s)	17,0m (0,5m/s)	34,0m (1m/s)
Aika (s)	7	21	34	34

Taulukko 4. Vaunun paluu latauspaikkaan

Yhteenlasketut toimituksen vaiheiden kestot	
Hylly alkupää	Aika yht. (s)
alahylly aika (s)	287
ylähylly aika (s)	302
Hylly keskimatka	
alahylly aika (s)	315
ylähylly aika (s)	330
Hylly loppupää	
alahylly aika (s)	352
ylähylly aika (s)	367
Paluu latauspaikkaan	
aika (s)	96

Taulukko 5. Toimitusvaiheiden yhteenlasketut kestot.

Toimitusten kestojen lisäksi oli otettava huomioon vihivaunujen latausaika, joka vaikuttaa käyttösuhteeseen. Latausajat mitattiin sekuntikellolla. Latausaikoja verrattiin ajotehtävien keston. Laskelmien oletuksena on, että ajotehtävien kesto on alle 10 minuuttia.

Latausaika	
Ajotehtävän kesto	4min - 6min
Latausaika	49s - 80s

Taulukko 6. Vihivaunujen latausajat

Latausaikoja vertaamalla saadaan latauksen kestoksi noin 1/5 ajotehtävän ajallisesta pituudesta. Näistä mittauksista saatu suhdeluku todettiin riittävän tarkaksi toimitusaikojen ja käyttösuhdetta laskettaessa.

7.5 Vihivaunujen käyttösuhteen laskeminen

Vihivaunujen käyttösuhte laskettiin käyttötuntien ja kuluneen kokonaisajan suhteen.

Vihivaunuissa on käyttötuntimittari, joka ilmoittaa vihivaunujen kokonaiskäyttötunnit.

Mittarin ajanmittaus on toiminnassa vaunun tai nostohaarukoiden liikuessa.

Käyttötuntimittausten otantaväli ensimmäisessä mittauksessa on 73 tuntia. Tuona aikana ei ollut rikityskoneiden huoltopäiviä, joten vihivaunujen käyttökuormitus on tämän hetken tuotantokapasiteetin mukainen. Taulukoissa 7. ja 9. lopputuloksissa on vaunujen latausajat otettu huomioon. Vihi 1:sen käyttötuntimittauksia ei otettu laskennassa huomioon.

Käyttötunnit				Arvioidut käyttötunnit latausajat otettuna huomioon
Vaunu	To 15.4. klo 10.15	Ma 12.4 klo 9.10	Vaunujen käyttöaika	
Vihi 1	26855,9	26853,7	2,2	$2,2 \cdot 1,2 = 2,64$
Vihi 2	29969,7	29936,9	32,8	$32,8 \cdot 1,2 = 39,36$
Vihi 3	29776,3	29743,7	32,6	$32,6 \cdot 1,2 = 39,12$

Taulukko 7. Käyttötunnit ensimmäinen otanta.

Käyttösuhte	
Vihi 1	$2,64/73 = 0,04$
Vihi 2	$39,36/73 = 0,54$
Vihi 3	$39,12/73 = 0,54$

Taulukko 8. Laskennallinen käyttösuhte 1. otanta.

Toinenkin käyttötuntimittaus suoritettiin, mutta laskelmiin sitä ei otettu mukaan, koska kyseisessä mittauksessa ei ole otettu huomioon huoltopäiviä tai muita tuotantoseisokkeja. Tämä aiheuttaa vääristyneen kuvan vihivaunujärjestelmään kohdistuvista tuotannon vaatimuksista. Ensimmäisen otannan mittauksissa nähdään tuotannon vihivaunujärjestelmään kohdistamat vaatimukset tuotantokoneiston toimiessa täydellä kapasiteetilla eli sekoituskoneet eivät ole pysähdyksissä huoltopäivän tai muun tuotantoseisokin takia. Mittauksista näkee Vihi 1:en pienemmän käyttösuhteen, joka johtuu vian aiheuttamasta ajoseisokista. Toisen otannan tulokset näkyvät taulukoista 9. ja 10.

Toinen otanta. Huoltopäiviä/tuotantoseisakkeja ei huomioitu.				Arvioidut käyttötunnit latausajat otettuna huomioon
Vaunu	Ti 27.4. klo 14.45	To 15.4 klo 10.15	Vaunujen käyttöaika	
Vihi 1	26918	26855,9	62,1	$62,1 \cdot 1,2 = 74,52$
Vihi 2	30049,4	29969,7	79,7	$79,7 \cdot 1,2 = 95,64$
Vihi 3	29856,8	29776,3	80,5	$80,5 \cdot 1,2 = 96,60$

Taulukko 9. Käyttötunnit toinen otanta.

Käyttösuhde	
Vihi 1	$74,52/292,5 = 0,26$
Vihi 2	$95,64/292,5 = 0,33$
Vihi 3	$96,60/292,5 = 0,33$

Taulukko 10. Laskennallinen käyttösuhde 2. otanta.

7.6 LT-60 sivupintalinjan materiaалitarve

LT-60 sivupintalinjan materiaалitarpeen selvitti Aki Packalen.

Materiaалitarve LT-60 lavaa/kumilaatu:

- 16 lavaa/R200
- 15 lavaa/R802
- 5 lavaa/R100

Annetun tiedon mukaan keskimääräinen kulutus olisi noin 30 lavaa kumisekoituksia/vuorokausi.

7.7 Vihivaunujen toimituskyvyn laskennan tulokset

Tässä luvussa on yhteenveto tehdyistä laskelmista ja mittauksista. Taulukossa 11. on vihivaunun lavatoimitukseen käyttämä aika ja kulkema matka.

Vaunun työvaiheet:

Lähtö latauspaikasta - lavan haku – toimitus LT-60:lle - paluu latauspaikkaan.

Lavanhakupaikka		Kesto (s)	Kesto (min,s)	Kuljettu matka yht. (m)
Hyllyn alkupää	alahylly	383	6min 23s	179,8
	ylähylly	398	6min 38s	179,8
Hyllyn keskikohta	alahylly	411	6min 51s	211,4
	ylähylly	426	7min 6s	211,4
Hyllyn loppupää	alahylly	448	7min 28s	248,4
	ylähylly	463	7min 43s	248,4

Taulukko 11. Yhden vihivaunun lavan toimitukseen kuluttama aika ja kuljettu matka.

LT-60 sivupintalinjan materiaalityö oli siis keskimäärin 30 lavaa kumisekoituksia yhden vuorokauden aikana.

Toimituksen kesto, noutohyllyn loppupää

Toimituksen kestoksi oletetaan noutohyllyn loppupäästä haettaessa kahdeksan minuuttia. Tähän lisätään noin 1,5 minuutin latausaika.

30 kumilavan toimitus kestää $9,5\text{min} * 30 = 285\text{min} = 4\text{h } 45\text{min}$.

Toimituksen kesto, noutohyllyn alkupää

Toimituksen kestoksi oletetaan noutohyllyn alkupäästä haettaessa seitsemän minuuttia. Tähän lisätään noin 1,5 minuutin latausaika.

30 kumilavan toimitus kestää $8,5\text{min} * 30 = 255\text{min} = 4\text{h } 15\text{min}$.

Toimitusten kesto on tarkoituksella arvioitu taulukkoarvoihin verrattuna hieman yläkanttiin. Tällä pyrittiin ottamaan huomioon vaunujen ajonopeuden hidastus niiden havaitessa esteen esimerkiksi jalankulkijan tai trukin.

Toimitusten keston laskennan jälkeen voitiin selvittää vaunujen teoreettinen käyttösuhde reittilaajennuksen jälkeen. Laskennassa on otettu huomioon vain ensimmäisessä otannassa mitatut käyttötunnit. Alla olevassa taulukossa 12. on ilmoitettu vaunujen nykyinen käyttösuhde ja toimituksiin kuluva aika suhteessa vuorokauden kokonaistunteihin.

Käyttösuhde latausaika mukaan laskettuna	Toimituksiin kuluva aika	Laskennallinen käyttösuhde laajennuksen jälkeen
$2,64/73 = 0,04$	$4,75/24 = 0,20$	$0,24$
$39,36/73 = 0,54$		$0,74$
$39,12/73 = 0,54$		$0,74$

Taulukko 12. Laskennallinen käyttösuhde

Taulukosta 12. voidaan nähdä, että tuotannon nykytason kuormituksella ja materiaalitarpeella pystytään olemassa olevilla vihivaunuilla toimittamaan vaadittu määrä materiaalia sivupintalinja LT-60:lle.

Vihivaunujärjestelmän käyttösuhde tulee laajennuksen myötä nousemaan.

7.8 Toimituskykyä heikentävät epävarmuustekijät

Projektin edetessä huomattiin epävarmuustekijöitä, jotka vaikuttavat toimitusaikoihin.

Epävarmuustekijöitä ovat:

- vihivaunuissa esiintyvät häiriöt ja osien kestävyys
- pintalinja LT-35:n välikön varoalueen runsas liikenne ja siitä aiheutuvat mahdolliset kolarit, jotka rikkovat vihivaunujen turvapuskureita
- vihivaunut hidastavat havaitessaan esteen, joten runsas liikenne vaunujen reitillä voi myös hidastaa vaunujen nopeutta aiheuttaen näin viiveitä toimituksessa

8 VIKAHISTORIAN TIEDONKERUU JA HÄIRIÖKARTOITUS

Vikahistorian tiedonkeruun ja häiriökartoituksen avulla on tarkoitus selvittää vihivaunujen yleisimmät mekaaniset ja sähköiset viat. Suurempien ongelmakohteiden selvittyä pyritään viat ja niihin johtaneet syyt minimoimaan.

Näiden toimenpiteiden onnistuessa parantavat ne vihivaunujen käytettävyyttä. Vikojen tiedot etsittiin kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmästä Artusta, johon vikojen tiedot tallennetaan. Kaikista vikaraporteista ei kuitenkaan selkeästi käynyt ilmi vian aiheuttaja, joten näitä vikoja ei tähän raporttiin laskettu mukaan. Artusta ei myöskään käynyt ilmi vioista aiheutuneiden toimintahäiriöiden kokonaiskestoja. Korjaavien toimenpiteiden kestot on Arttuun kirjattu.

8.1 Vikahistorian tiedonkeruu

Vikahistorian tiedonkeruujärjestelmän muoto on tehty Nokian renkaiden alkuvalmistuksen pyynnöstä samalla periaatteella, kuin heillä jo aiemmin käytössä ollut sekoituskonelinjojen vikahistorian tiedonkeruu.

Viat kerätään Excel-taulukkaan, johon tallennetaan tiedot vian kestosta, tyypistä ja vian syystä. Viat on jaettu kahteen kategoriaan; mekaanisiin ja sähköisiin vikoihin. Tässä sähköisiin vikoihin luetaan myös tietojärjestelmän häiriöistä aiheutuneet viat.

Taulukoihin kerätyistä tiedoista voidaan Excelillä tehdä diagrammit, jotka havainnollistavat tuloksia paremmin, kuin pelkät taulukot. Taulukossa 13. on nähtävissä periaatekuva vikahistorian tiedonkeruusta.

Vihivaunujärjestelmän vikahistoria 2010								
Aikayksiköt minuutteja								
Kuukausi	Toukokuu							
Päivämäärä	1	2	3	4	5	6	...	31
TR71								
Mekaaniset viat								
Sähköiset viat								

Taulukko 13. Periaatekuva vikahistorian tiedonkeruusta

8.2 Häiriökartoitus

Häiriökartoituksessa tiedot vioista kerätään Arttu-toiminnanohjausjärjestelmän tietokantaan tallennetuista vihivaunujärjestelmän vikaraporteista ja tehdyistä töistä. Kerätyt tiedot tallennetaan Excel- taulukkoon (vikojen tyypit, kuvaukset, lukumäärät ja seuraukset). Kuten tiedonkeruussa, myös häiriökartoituksessa vihivaunujen viat jaetaan kahteen kategoriaan: mekaaniset viat ja sähköiset viat. Kartoituksen lopputuloksena saadun Excel-taulukon pohjalta laaditaan Pareto-analyysi, joka indikoi selvästi suurimmat häiriöiden aiheuttajat.

Vihivaunujärjestelmän häiriökartoitus 2006-2010			
Tiedot Artusta			
TR71, TR72, TR73		Vikojen lukumäärä	osuus%
Vian kuvaus	Seuraus		
Mekaaniset viat			
Törmäyspleksi rikki / vaijeri poikki	Vihit ei liiku/toimi kunnolla	47	67,14
Törmäyspleksin vaijerin rajat/vaijeri löysällä	Vihit ei liiku	12	17,14
Ääriajan vastinrauta vääntynyt	Piikit ei nouse tarpeeksi	1	1,43
Energiasiirtoketjun kouru kiero	Piikit ei nouse tarpeeksi	1	1,43
Pystyliikkeen siima pois paikalta/poikki	Piikit ei nouse tarpeeksi	2	2,86
Nostohaarukan jousi irronnut		1	1,43
Ajomoottorissa laakerivaurio	Ääntely	1	1,43
Piikkien alaraja rikki		2	2,86
Sylinterin poksi vuotaa	Kallistusliike ei laske alas	1	1,43
Nostosylinteri liitin vuotaa		1	1,43
Noston ketju pois paikaltaan		1	1,43
	Yhteensä	70	100
Sähköiset viat			
Ohjelmavika, Resetoitu	Vihit eivät liiku	6	11,76
Puskurimuisti täynnä	Ottaa vastaan vain yhden tehtävän/ Ei toimi ollenkaan	5	9,80
Valosilmä rikki / suuntaus pielessä	Vihit ei liiku	10	19,61
Sivuvalokenno rikki		7	13,73
Käännön enkooderin uudelleenlinjaus/kalibrointi	Vihit eivät liiku/toimi kunnolla	1	1,96
Sivuvalosilmien ohjainboxi rikki	Vihit eivät liiku/toimi kunnolla	1	1,96
Käsiohjain rikki	Vihit eivät liiku/toimi kunnolla	5	9,80
Ohjainboxi rikki	Vihit eivät liiku/toimi kunnolla	2	3,92
Akku rikki/tyhjä (HUOM suuri määrä vioista vuodelta 2006)	Vihit eivät liiku/Lataudu	7	13,73
Ajomoottorin pulssianturin (X25-X26) ja jarrunohjauksen (X21-X22) kaapelit rikki	Vihit törmäilevät	1	1,96
Sivutunnistimen lähetin rikki		3	5,88
Laturin jännitearvo väärä. Kalibroitu	Akku ei lataudu	1	1,96
Laserin taso heikko	Paikoitusongelmia	1	1,96
Kääntömoottorin johdot rikki	Ei käännä	1	1,96
	Yhteensä	51	100

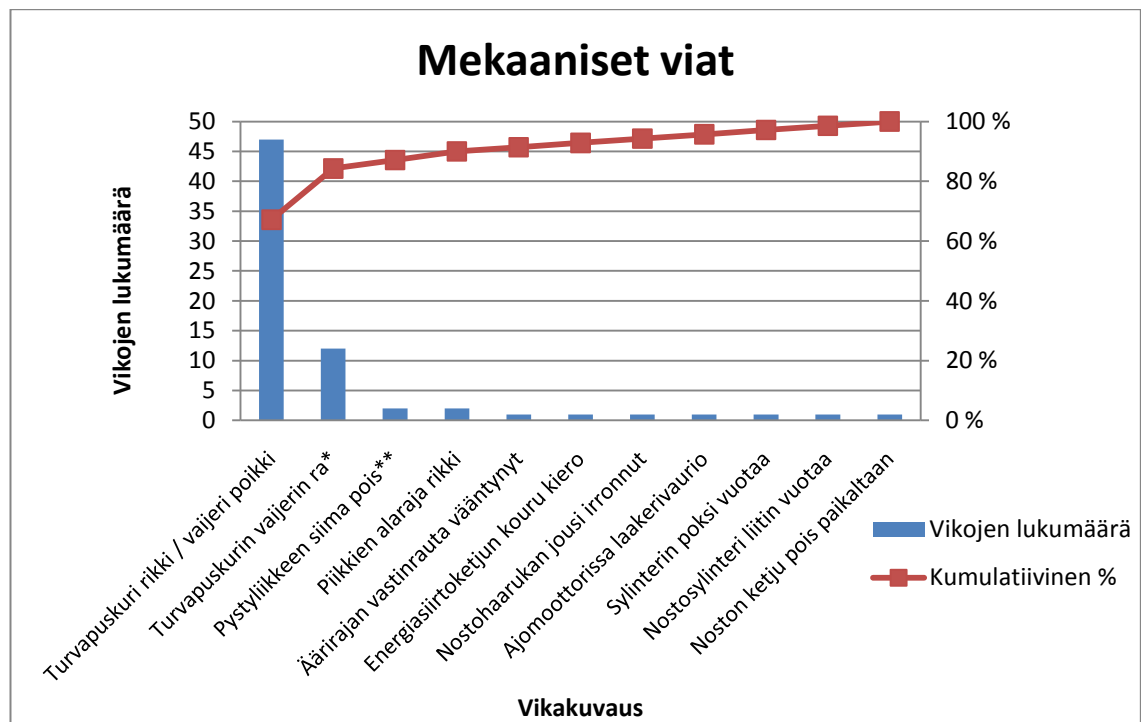
Taulukko 14. Häiriökartoitus

Taulukossa 14. on lueteltu vihivaunujen yleisimmät viat. Otanta on vuoden 2006 alusta vuoden 2010 maaliskuun loppuun. Taulukosta voidaan nähdä, että vihivaunujen yleisimmät sähköiset viat liittyvät vaunujen paikoitusjärjestelmän tunnistimiin, jotka hajoavat vaunujen törmätessä hyllypaikkoihin tai toisiin trukkeihin. Kaikkein suurin määrä häiriöitä liittyy vihivaunujen etuosassa oleviin turvapuskureihin, jotka toimivat vihivaunujen hätäpysäyttiminä. Turvapuskurin hajotessa saattavat rikkoutua myös vaunuissa olevat anturit, jotka lukitsevat vihivaunun jarrut turvapuskurin osuessa esteeseen. Akuista johtuneet häiriöt on merkitty punaisella, koska viat osuvat pienelle

aikavälille ja niiden syyksi selvisi tuolloin akkujen liian vähäinen huolto. Akkujen huolto otettiin mukaan vihivaunujen huolto-ohjelmaan, jolloin ongelmat akkujen kanssa hävisivät. Mainitusta syystä niitä ei ole otettu huomioon Pareto-analyysiä laadittaessa.

8.3 Pareto-analyysi

Häiriökartoituksessa kerätyt tiedot tallennettiin Excel-taulukkoon, josta laadittiin Pareto-analyysi. Mekaanisista ja sähköisistä vioista laadittiin omat Pareto-kaaviot. Kuvio 11. on selvästi nähtävissä, että vihivaunujen suurimmat mekaaniset ongelmat liittyvät turvapuskureiden ja niiden oheislaitteiden ongelmiin.



Kuvio 11. Pareto-kaavio vihivaunujen mekaanisista vioista.

*Turvapuskurin vaijerien rajat / vaijeri löysällä

** Pystyliikkeen siima pois paikalta/poikki



Kuvio 12. Pareto-kaavio vihivaunujen sähköisistä vioista.

* Käännön enkooderin uudelleenlinjaus / kalibrointi

** Ajomootorin pulssianturin (X25-X26) ja jarrunohjauksen (X21-X22) kaapelit rikki

Kuviossa 12. on esitetty Pareto-analyysi sähköisistä vioista. Suurin määrä häiriöistä on aiheutunut valosilmien rikkoontumisesta ja suuntauksesta. Nämä viat ilmenevät vaunujen törmätessä esteisiin kuten hyllyihin, toisiin trukkeihin tai kaiteisiin. Näihin ongelmiin voidaan puuttua kehittämällä vaunujen paikoitustarkkuutta.

9 VIHIVAUNUJÄRJESTELMÄN KEHITYSEHDOTUS

Tässä luvussa käsitellään kehitysehdotuksia, jotka otettaessa käyttöön parantaisivat vihivaunujen käyttöominaisuuksia ja niiden tuotannollista suorituskykyä. Edellä esiteltyjen vikahistorian tiedonkeruun ja häiriökartoituksen lisäksi vihivaunujen turvajärjestelmään ehdotetaan päivitystä turvalaserskannerien muodossa ja ajomoottoreiden vaihtoa uusiin ajonopeuden nostamiseksi.

9.1 Kehitysehdotuksen perusteet

Ehdotuksen tärkeimmät perusteet koskevat nykyään vihivaunuissa käytettävien turvapuskureiden korvaamista muulla turvalaitteella ja ajonopeuden nostamista vihivaunujen kulkureitin suoraosuuksilla.

Projektin yhteydessä tehdystä häiriökartoituksesta käy ilmi, että turvapuskurit ovat suurin ongelmakohde, jonka takia vihivaunuissa esiintyy toimintahäiriöitä. Tämä ongelma on selkeästi havaittavissa luvun 8.3 Pareto-analyysistä.

Ratkaisuksi tähän ehdotetaan turvalaserskannereita, joiden ansiosta turvapuskurit voidaan poistaa käytöstä. Ehdotettavat mallit ovat SICK:n valmistamat S300 ja S3000 turvalaserskannerit. Tarkemmat tiedot kyseisistä malleista löytyy liitteistä 2. ja 3.



Kuvio 13. SICK S3000 (www.sick.com)



Kuvio 14. SICK S300 (www.sick.com)

9.2 Turvalaserskannerin hyödyt

Turvalaserskannereihin voidaan määrittää turva-alueet ja –etäisyydet, joilla vaunut hidastavat kohdatessaan esteen. Turvalaserskannerit korvaisivat nykyiset turvapuskurit, jolloin turvapuskureista johtuvat ongelmat poistuisivat.

Turvalaserskannereissa käytettävä turvakenttä määräytyy ajonopeuden mukaan.

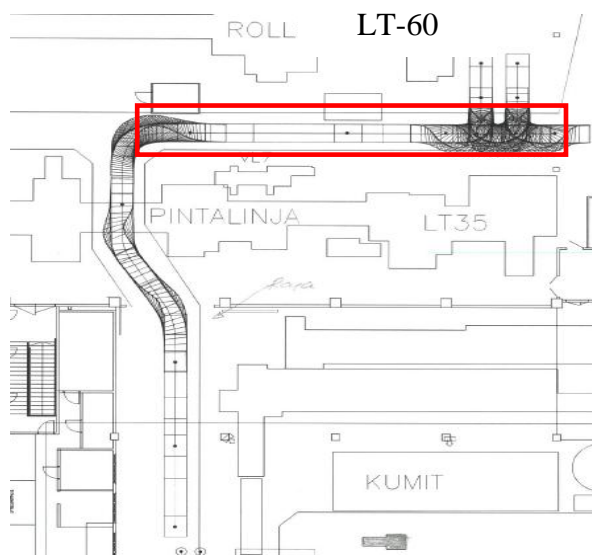
Turvalaserskannerin sijoituksen voi nähdä kuvista 15.



Kuvio 15. Turvaskannerin sijainti vihivaunussa (www.sick.com)

Laserskannerien myötä vihivaunujen ajonopeus olisi mahdollista nostaa ajokoneisto vaihtamalla 1,0 m/s - >1,7 m/s. Tätä nopeutta olisi mahdollista käyttää suorilla osuuksilla. Ajonopeudet mutkissa ja varoalueella pysyvät samana. Ajonopeuksien nosto vaikuttaa myönteisesti vihivaunujen toimituskykyyn ja antaa lisää liikkumavaraa vihivaunujen uuden reitin tullessa käyttöön.

Kolmas merkittävä etu turvalaserskannereissa on niiden kompakti koko. Käyttämällä turvalaserskanneria vihivaunut mahtuvat kulkemaan vierekkäin LT60:sen ja LT 35:sen välisellä käytävällä. Käytävä on esitetty kuviossa 16. punaisella kehyksellä. Vanhan mallisten turvapuskureiden kanssa kaksi vaunua ei käytävällä mahdu kulkemaan vierekkäin. Tämä hankaloittaa vihivaunujen materiaalitoimituksia, koska nykyisillä turvapuskureilla materiaalitoimituksia LT-60:lle voi hoitaa vain yksi vihivaunu kerrallaan. Laserskannerien avulla saadaan vihivaunujen toimituskykyä tältä osin parannettua. Tähän ratkaisuna on myös turvapuskureiden uusiminen kapeammilla turvapuskureilla.



Kuvio 16. LT60:n ja LT-35:n välinen käytävä

Turvalaserskannerien ja ajokoneiston vaihdon sisältävään muutostyöhön on saatu kustannusarvio Mika Vekkeliltä Roclalta. Kustannusarvio on näkyvillä liitteessä 1.

10 VIHIVAUNUJEN TOOREETTINEN SUORITUSKYKY LAITEPÄIVITYKSEN JÄLKEEN

Tässä osiossa on esitetty vaunujen teoreettinen suorituskyyky laitepäivityksen jälkeen.

Laitepäivityksen jälkeen vaunujen suoranopeuden saattoi nostaa 1,0 m/s -> 1,7 m/s.

Taulukoissa 15 -17 on laskettu vaunujen työvaiheiden kestot laitepäivityksen jälkeen.

Lavan hakupaikka					
alkupää	Hyllystä haku				
Vaihe	Lähtö	Suora	Kaarre	Hyllystä otto	
matka ja nopeus	3,0m (0,5m/s)	7,0m (1,7m/s)	3,4m (0,5m/s)	ala/ylä	
aika (s)	6	4	7	45/60	
keskimatka	Hyllystä haku				
Vaihe	Lähtö	Suora	Kaarre	Suora	Hyllystä otto
matka ja nopeus	3,0m (0,5m/s)	7,0m (1,7m/s)	3,4m (0,5m/s)	17,5m (1,7m/s)	ala/ylä
aika (s)	6	4	7	11	45/60
loppupää	Hyllystä haku				
Vaihe	Lähtö	Suora	Kaarre	Suora	Hyllystä otto
matka ja nopeus	3,0m (0,5m/s)	7,0m (1,7m/s)	3,4m (0,5m/s)	36m (1,7m/s)	ala/ylä
aika (s)	6	4	7	22	45/60

Taulukko 15. Materiaalin haku hyllystä.

Lavan hakupaikka							
alkupää	Toimitus koneelle						
Vaihe	Kaarre	Kaarre	Suora	Varoalue	Suora	Peruutus	Lavan hyllytys
matka ja nopeus	3,4m (0,5m/s)	3,4m (0,5m/s)	43,0m (1,7m/s)	17,0m (0,5m/s)	21,0m (1,7m/s)	3,3m (0,11m/s)	
aika (s)	7	7	26	34	13	30	80
keskimatka	Toimitus koneelle						
Vaihe	Suora	Kaarre	Suora	Varoalue	Suora	Peruutus	Lavan hyllytys
matka ja nopeus	17,5m (1,7m/s)	3,4m (0,5m/s)	43,0m (1,7m/s)	17,0m (0,5m/s)	21,0m (1,7m/s)	3,3m (0,11m/s)	
aika (s)	11	7	26	34	13	30	80
loppupää	Toimitus koneelle						
Vaihe	Suora	Kaarre	Suora	Varoalue	Suora	Peruutus	Lavan hyllytys
matka ja nopeus	36m (1,7m/s)	3,4m (0,5m/s)	43,0m (1,7m/s)	17,0m (0,5m/s)	21,0m (1,7m/s)	3,3m (0,11m/s)	
aika (s)	22	7	26	34	13	30	80

Taulukko 16. Materiaalin toimitus sivupintalinja LT-60:n hyllypaikkaan.

Paluu latauspaikkaan				
Vaihe	Lähtö koneelta	Suora	Välikön varoalue	Suora
matka ja nopeus	3,3m (0,5m/s)	21,0m (1,7m/s)	17,0m (0,5m/s)	34,0m (1,7m/s)
aika (s)	7	13	34	20

Taulukko 17. Vaunun paluu latauspaikkaan.

Taulukossa 18. on esitetty vihivaunujen toimitusvaiheiden ajalliset kestot laitepäivityksen jälkeen verrattuna toimitusvaiheiden kestoon nykyisellä kalustolla.

Yhteenlasketut toimitusten kestot		
Hyllyn alkupää	Nykyinen	Päivityksen jälkeen
alahylly aika (s)	287	259
ylähylly aika (s)	302	274
Hylly keskimatka		
alahylly aika (s)	315	274
ylähylly aika (s)	330	289
Hylly loppupää		
alahylly aika (s)	352	296
ylähylly aika (s)	367	311
Paluu lähtöpaikkaan		
aika (s)	96	74

Taulukko 18. Toimitusvaiheiden yhteenlasketut kestot.

Taulukossa 19. on ilmoitettu toimituksessa eri noutopaikoissa kulkema matka ja toimitukseen käytetty aika.

Lavanhakupaikka		Kesto (s)	Kesto (min,s)	Kuljettu matka yht. (m)
Hyllyn alkupää	alahylly	333	5min 33s	179,8
	ylähylly	348	5min 48s	179,8
Hyllyn keskikohta	alahylly	348	5min 48s	211,4
	ylähylly	363	6min 3s	211,4
Hyllyn loppupää	alahylly	370	6min 10s	248,4
	ylähylly	385	6min 25s	248,4

Taulukko 19. Yhden vihivaunun lavan toimitukseen kuluttama aika ja kuljettu matka.

Keskimääräinen lavan tarve oli 30 kappaletta yhden vuorokauden aikana. Alla on laskettu yhden vihivaunun 30 lavan toimittamiseen LT-60:lle kuluttama aika.

Toimituksen kestäessä 6min ja latausaika n. 1,5min

$$\rightarrow 7,5\text{min} * 30 = 225\text{min} \quad (3\text{h } 45\text{min})$$

Toimituksen kestäessä 7min latausaika n. 1,5min

$$\rightarrow 8,5\text{min} * 30 = 255\text{min} \quad (4\text{h } 15\text{min})$$

Ajokoneiston vaihdolla vihivaunujärjestelmä toimittaa vaaditun materiaalmäärän 30 minuuttia nopeammin verrattuna vanhalla ajokoneistolla tapahtuvaan toimitukseen.

Käyttösuhde ajokoneiston päivityksen jälkeen:

Käyttösuhde latausaika mukaan laskettuna	Toimituksiin kuluva aika (h)(ajallisesti pisin)	Laskennallinen käyttösuhde laajennuksen jälkeen uudella ajokoneistolla	Laskennallinen käyttösuhde laajennuksen jälkeen nykyisellä ajokoneistolla
$2,64/73 = 0,04$	$4,25/24 = 0,18$	0,22	0,24
$39,36/73 = 0,54$		0,72	0,74
$39,12/73 = 0,54$		0,72	0,74

Taulukko 20. Vihivaunujärjestelmän käyttösuhde uudella ajokoneistolla

Taulukossa 20. on laskettu vihivaunujärjestelmän käyttösuhde ajokoneiston vaihdon ja turvaskannerien asennuksen jälkeen. Vertailun vuoksi vieressä on esitetty vihivaunujärjestelmän käyttösuhde nykyisellä ajokoneistolla.

10.1 Huomioitavaa

Huomattava on, että tässä opinnäytetyössä käsiteltävä kapasiteettitarkastelu koskee vain uudella reitillä tapahtuvaa materiaalin toimitusta. Tästä syystä tähän raporttiin laskettu vihivaunujärjestelmän käyttösuhde vaunujen päivitysten jälkeen ei anna tarkkaa kuvaa todellisesta käyttösuhteesta, koska muilla reiteillä tapahtuvia toimituksia ja niiden kestoja ei ole tässä opinnäytetyössä otettu huomioon.

11 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä tehdyt kapasiteettitarkastelu, häiriökartoitus ja kehitysehdotus olivat kokonaisuutena opettava kokemus. Työ antoi laajan kuvan siitä mitä asioita on otettava huomioon suunniteltaessa päivityksiä ja parannuksia tuotantolinjastoon ja niiden osiin. Kokonaisuudessaan työ oli opettavainen ja haastava. Uskon hyötyväni tulevaisuudessa projektin tuomista kokemuksista.

Pohjatiedot vihivaunujärjestelmästä olivat projektin alussa vähäiset ja suurin haaste olikin kerätä kasaan kaikki tarvittava tieto, joka vaikuttaa vihivaunujen toimituskykyyn, siinä ympäristössä, jossa alkuvalmistuksen vihivaunujärjestelmä toimii. Tässä suurena apuna olivat Nokian renkaiden kunnossapidon henkilökunta ja opinnäytetyön ohjaaja Mika Vapalo. Opinnäytetyöhön tehdyn pohjatiedon keräämisen ohessa tiedot automatisoiduista vihivaunujärjestelmistä paranivat. Suuri määrä tietoa tähän työhön saatiin vihivaunujärjestelmien toimittajan Roclan Internet-sivuilta, sekä Nokian renkaiden Arttu-toiminnanohjausjärjestelmän tietokannasta.

Vihivaunujärjestelmän vikahistorian tiedonkeruun ja kehitysehdotuksen on yhdessä tarkoitus parantaa vihivaunujärjestelmän käytettävyyttä ja toimintavarmuutta. Aika näyttää tullaanko kehitysehdotuksessa mainittuja toimenpiteitä ottamaan käyttöön nykyisessä vihivaunujärjestelmässä.

Työn laskelmien lopputuloksena saatiin, että nykyisellä kolmella vihivaunulla pystytään toimittamaan vaadittava määrä materiaalia sivupintalinja LT-60:lle. Tässä vaiheessa todettakoon, että Nokian renkaiden alkuvalmistus päätti toteuttaa vihivaunujärjestelmän reittilaajennusprojektin sivupintalinja LT-60:lle siinä muodossa kuin se tässä työssä on esitetty.

LÄHTEET

1. Nokian renkaiden vuosikertomus 2009
2. www.nokianrenkaat.fi
3. Nokian renkaat intranet
4. www.rocla.com
5. www.swisslog.com
6. www.agvsystems.com
7. Nokian renkaat, Rocla Robotruck huolto- ja turvallisuusohjeet
8. www.sick.com
9. www.globalspec.com
10. Lee Krajewski, Larry Ritzman, Manoj Malhotra, Operations Management
8. painos s. 161 – 165
11. www.isixsigma.com
12. Nokian renkaat, Mika Vapalon projektikansio
13. Nokian renkaat, Arttu-toiminnan-ohjausjärjestelmä
14. Nokian renkaat, haastattelu, Mika Vapalo
15. www.leanqad.com/education/what_kanban.html

Liite 1.

(Mika Vekkelin kustannusarvio turvalaserskannerien ja ajokoneiston päivityksestä).

Kyseessä lienee nykyisin vakiovarusteisiin lukeutuva turvaskanneri. Toiminta perustuu juurikin laseriin. Käytämme pääsääntöisesti SICK-merkkisiä tuotteita. Tässä tapauksessa laite olisi SICK S3000. Laite voidaan liittää nopeusanturointiin, jolloin käytettävä turvakenttä määräytyy ajonopeuden mukaan.

Nyt vaunut ajavat n.1,0 m/s, joka on myös maksimi mihin ajokoneistot pystyvät. Vaihtamalla ajokoneistot voidaan nopeus nostaa arvoon 1,7 m/s. Tätä ajonopeutta voidaan käyttää suorilla osuuksilla.

Kustannusarvio kolmelle vaunulle:

- Uudet ajokoneistot
- Turvaskannerit
- Pulssianturit
- Muutostyö
- Ohjelmistomuutokset
- Asennus
- Dokumentointi
- 12 kk takuu

BUDJETTIHINTA: 43.000 EUR

Hinta on laskettu siten, että otamme vanhat ajokoneistot vaihdossa.

Kokonaiskustannusta pohtiessa kannattaa huomioida se, että tässä saadaan samalla uudet ajokoneistot vanhojen tilalle. Niiden uusiminen tai kunnostus on kuitenkin ajankohtainen lähitulevaisuudessa.

Liite 2

(www.sick.fi)

Maailman pienin turvalaserskanneri

Uusi SICK S300 on ehdottomasti joustavin ratkaisu pienten vaarallisten alueiden valvontaan. Turvalaserskanneri on tällä hetkellä pienin lajissaan. Se on luotettava, pieneen tilaan mahtuva laite, jonka toimintasektori on 270°. Se sopii lukuisiin sovelluksiin – taloudellisesti ja tehokkaasti.

S300 Standard-, Advanced- tai Professional-versio, yksi, kaksi tai neljä turva-alueita, sopii lukuisiin kohteisiin: korvaamaan turvamatot (jotka ovat alttiita kulutukselle), pienien alueiden suojaukseen, koneiden syöttöasemien valvontaan, turvalaitteeksi liikkuviin vaunuihin tai huoltorobotteihin. Sillä on tyypin 3 hyväksyntä IEC 61496-3 mukaan ja SIL2 IEC 61508 mukaan, joten kaikki uusimmat vaatimukset täyttyvät. Kuten ”isoveljensä” S3000, se sopii käytettäväksi myös pystysuuntaisesti. Käyttäjä voi valita tarjotuista vaihtoehtoista haluamansa käyttötavan ja saa siten taloudellisen mittatilausratkaisun käyttöönsä.

Kustannussäästöjä tehot turvaten

Kehitystyön aikana on käytetty uutta skanneriteknologiaa alusta alkaen, joten S300 on kehitetty tilarajoituksia, keveyttä ja alhaista virrankulutusta silmälläpitäen. Tästä on etua mm. pienissä siirtovaunuissa ja asennettaessa skanneri kevyisiin rakenteisiin esim. kuljettimien yläpuolelle. Tehokkuudesta ei ole tingitty; integroidut toiminnot jopa lisäävät taloudellista tehokkuutta. Näin voidaan sanoa erityisesti kytkentäpistokkeen plug & play -konfigurointimuistin ja 7-segmenttinäytön osalta, jotka turvaavat nopean käyttöönoton, diagnosoinnin ja huollon. EFI-tiedonsiirtoliitäntä (Enhanced Function Interface) mahdollistaa turvaväylämoduulin käytön. S300:n parametrit voidaan asettaa CDS-ohjelmistolla, joka on sama kaikissa SICK-turvajärjestelmissä. Se on käyttäjälle tuttu, samannäköinen ja tuntumaltaan sama kuin muutkin SICK:n tuotteet.

Toimintasektori on 270°

Allround -suojaus 270°:een kulman avulla on merkittävä tekijä kasvavilla pienten kuljetusvaunujen ja huolto-robottien markkinoilla. Kun skanneri on asennettu vaunun kulmaan, se ei valvo vain yhtä sivua vaan ajoneuvoa sen kahdelta sivulta. Näin vaunu ei tarvitse puskureita tai muita sivusuojia. Eri turva- ja varoituskenttien kytkentämahdollisuuden ansiosta vaunut ja koneet voidaan sovittaa halutulle nopeudelle tai käytettävälle tarvittavan turva-alueen mukaisesti. Kun turvallisuus ja taloudellinen tehokkuus pienellä alueella ratkaisevat, valinta on S300.

Tuotetiedot

Pieni S300 antaa hyvän suojan:

Mitat: 102 x 152 x 105 mm (W x H x D),

Paino: 1,2 kg, Kentät: 8 m:n varoitus- ja 2 m:n suojauskenttä, Lähetyskulma: 270°

(www.sick.com)

S300 Professional, Laser scanner

Model Name > S30B-2011DA

Part No. > 1026822

Extremely compact design •

Scanning angle 270° •

Selectable resolution •

Certified for vertical use •

7-segment display •

Integrated external device monitoring (EDM) •

Stand-by input •

Applications

Hazardous area protection (vertical): ,

Access protection (vertical): ,

Hazardous area protection (horizontal): ,

Functions

Static control outputs for switching between warning fields:

Incremental encoder inputs: ,

External device monitoring: ,

Integrated configuration memory: ,

Reflector mark detection: -

Expanded measured data output: -

Safe device communication via EFI/SDL: ,

Technical data

Laser protection class: 1 (21 CFR 1040.10 und 1040.11, IEC 60825-1:2001)

Enclosure rating: IP 65 (EN 60529)

Protection class: 2 (DIN VDE 0160, DIN EN 50178)

Type: Type 3 (IEC/EN 61496-3)

Safety integrity level: SIL 2 (IEC 61508), SILCL2 (EN 62061)

Category: Category 3 (EN ISO 13849)

Performance Level: PL d (EN ISO 13849)

PFHd: $5,29 \cdot 10^{-8}$

TM (Mission Time): 20 a

Ambient operating temperature from ... to: -10 °C ... 50 °C

Dimensions (W x H x D): 102 mm x 152 mm x 105 mm

Weight: 1.2 kg

Scan angle: 270 °

Protective field range: 2 m

Maximum warning field range: 8 m

Number of field sets: 4

Response time: 80 ms

Resolution: 30 mm, 40 mm, 50 mm, 70 mm, selectable

Distance measuring range: 30 m

Number of multiple samplings: configurable via CDS 2 ... 16

Electrical connection: Plug-in connection housing with screw, Screw-type terminals

Supply voltage: 16.8 V DC, 24 V DC, 30 V DC

Number of EDM inputs: 1

Number of reset-/restart inputs: 1

Number of static or dynamic control inputs: 2

Number of stand-by inputs: 1

Number of safe outputs: 2, Safety outputs (OSSD)

Number of warning field outputs: 1

Number of application diagnostic outputs: 1

Maximum output current: 250 mA

Configuration and diagnostics interface: RS-232